

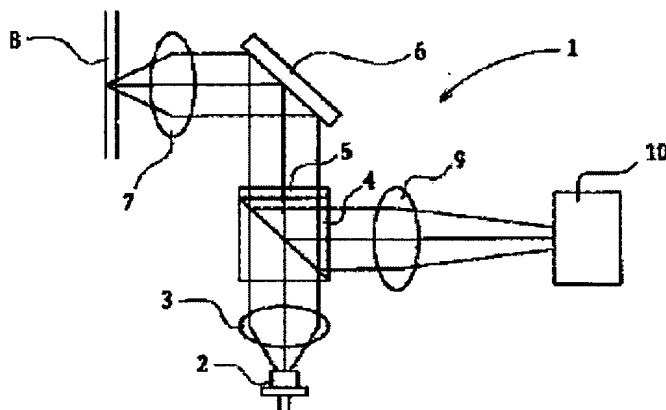
**OPTICAL PICKUP**

**Patent number:** JP2003067969  
**Publication date:** 2003-03-07  
**Inventor:** MARUYAMA SO  
**Applicant:** OLYMPUS OPTICAL CO  
**Classification:**  
- **international:** G11B7/135; G11B7/09; G11B7/125  
- **europaean:**  
**Application number:** JP20010256617 20010827  
**Priority number(s):** JP20010256617 20010827

**Report a data error here**

**Abstract of JP2003067969**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical pickup which can input and output to a recording medium of base plates different in thickness and is small in power consumption with less noise but with quick response and mechanically simple and contributes to cost reduction. **SOLUTION:** In an optical pickup of an optical recording/reproducing device which has a light source 2, an objective lens 7, and a reflecting mirror to bend 90 degrees the laser beam from the light source 2 to irradiate the objective lens, the reflecting mirror consists of a mirror surface which can change its shape, and a variable mirrors 6 with a surface changing means to change the above mirror surface. By changing the above mirror surface, the laser beam can be condensed to input and output to the recording medium 8 of the base plates having different thickness.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-67969

(P2003-67969A)

(43) 公開日 平成15年3月7日(2003.3.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 1 1 B 7/135  
7/09  
7/125

G 1 1 B 7/135  
7/09  
7/125

Z 5 D 1 1 8  
B 5 D 1 1 9  
B 5 D 7 8 9

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2001-256617(P2001-256617)

(22) 出願日 平成13年8月27日(2001.8.27)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 丸山 創

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100065824

弁理士 篠原 泰司 (外1名)

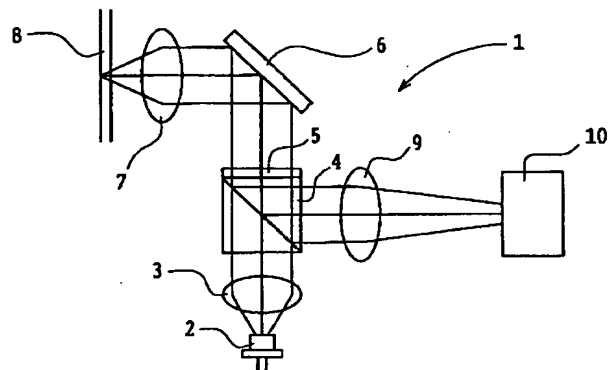
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ

(57) 【要約】

【課題】異なる基板厚の記録媒体のいずれに対しても入出力することができ、保消費電力が小さく、音が静かで、応答時間が短く、機械的構造が簡単で、かつ、コストダウンに寄与する光ピックアップを提供する。

【解決手段】光源2と、対物レンズ7と、光源2からのレーザ光を90度折り曲げて対物レンズに照射する反射ミラーとを有する光記録再生装置の光ピックアップにおいて、前記反射ミラーが、形状が変化するミラー面と、前記ミラー面の形状を変化させる面形状可変手段とを備えた可変ミラー6で構成されている。該ミラー面の形状を変化させることにより、基板厚さが異なる記録媒体8に対して入出力可能にレーザ光を集光させることができるようになっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも光源と、対物レンズと、光源からのレーザ光を90度折り曲げて対物レンズに照射する反射ミラーとを有する光記録再生装置の光ピックアップにおいて、

前記反射ミラーが、形状が変化するミラー面と、前記ミラー面の形状を変化させる面形状可変手段とを備えた可変ミラーで構成されていることを特徴とする光ピックアップ。

【請求項2】 少なくとも光源と、対物レンズと、光源からのレーザ光を90度折り曲げて対物レンズに照射する反射ミラーと、記録媒体とを有する光記録再生装置の光ピックアップにおいて、

前記反射ミラーが、形状が変化するミラー面と、前記ミラー面の形状を変化させる面形状可変手段とを備えた可変ミラーで構成され、該ミラー面の形状を変化させることにより、基板厚が異なる前記記録媒体に対して入出力可能に前記レーザ光を集光させることができるようにしたことを特徴とする光ピックアップ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、CDやDVDなどの光ディスクに対する情報の記録及び記録された情報の再生を行う光記録再生装置に用いられる光ピックアップに関する。

【0002】 図37はこの種の一般的な光ピックアップの従来例を示す概略構成図である。従来の光ピックアップ1'は、レーザダイオード(LD)などで構成された光源2と、対物レンズ7と、光源2からのレーザ光を90度折り曲げて対物レンズ7に照射するミラー6'を少なくとも有している。対物レンズ7の集光位置には記録媒体8がセットされるようになっている。その他、図37の光ピックアップ1'は、レーザダイオード2とミラー6'との間に偏光ビームスプリッタ4と、波長板5を有し、偏光ビームスプリッタ4により分離される一方の光路に集光レンズ9と、フォトダイオードなどで構成された光検出器10を有している。また、対物レンズ7は、図示省略した駆動制御手段を介して、記録媒体に平行な方向及び光軸に沿って移動することができるようになっている。

【0003】 そして、このように構成された従来の光ピックアップ1'では、レーザ光が光源2から出射し、コリメータレンズ3を介して平行光になる。平行光となったレーザ光は偏光ビームスプリッタ( $T_p=70\%$ 、 $R_s=100\%$ 程度)4に入射する。入射したレーザ光のうちP偏光は、偏光ビームスプリッタ4を透過し、波長板5を介して円偏光になってミラー6'に入射する。さらに、ミラー6'で反射して90度折り曲げられ、対物レンズ7を介して集光されて、記録媒体8を照射する。記録媒体8で反射されたレーザ光は、逆の経路をたどつ

てミラー6'で再び反射して90度折り曲げられ、波長板5を介して直線偏光になり、偏光ビームスプリッタ4にS偏光で入射する。S偏光のレーザ光は、偏光ビームスプリッタ4で反射され、集光レンズ9を介して集光され、光検出器10で受光され、図示省略した中央演算処理装置等を介して、サーボ信号、及び情報信号が得られるようになっている。

【0004】 サーボ信号のうち、フォーカスエラー信号は公知の技術であるビームサイズ法や非点収差法などを用いる。具体的には、対物レンズ7を光軸方向に駆動して、記録媒体8上でデフォーカスさせ、この状態で光検出器10への戻り光を検出する。また、トラックエラー信号は同様に公知の技術であるPush-Pull法などを用いる。具体的には、対物レンズ7を記録媒体8の面に平行に駆動することにより検出することにより、フォーカスエラー信号(デフォーカス量)を検出する。また、情報信号は光検出器10で受光した光量を検出することにより得られる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、通常の光ピックアップに用いる記録媒体は、基板厚が1.2mmのCDと、基板厚が0.6mmのDVDというように、異なる2種類の基板厚のものに大別される。しかし、従来の光ピックアップを構成する光学系では、例えば、集光レンズを所定位置に位置調整したときに、CDとDVDというように基板厚の異なる記録媒体のいずれか一方に合わせて球面収差の発生が生じないように設計されている。しかも、このような光学系を構成する集光レンズは、ガラスを研磨して製造したレンズや非球面レンズを用いて構成されており、レンズ自体を変形させて焦点距離を変化させることができず、ミラー6'もガラス等の変形しない透明部材に反射膜を設けて構成されているためミラー6'自体を変形させて焦点距離を変化させることができない。このため、従来の光ピックアップでは、他方の基板厚の記録媒体をセットした場合には球面収差が発生してしまい、基板厚が異なる2種類の記録媒体を同時に入出力することができなかった。

【0006】 また、フォーカスエラー信号(デフォーカス量)を検出するために、対物レンズを光軸方向に駆動させる場合、そのための駆動装置が必要となり機械的構造が複雑になっていた。そして、対物レンズを移動させるためにモーター等を用いていたため、消費電力が大きい、音がうるさい、応答時間が長く、レンズの移動に時間がかかる、コストアップにつながる等の欠点があった。

【0007】 そこで、本発明はこれらの問題点に鑑み、異なる基板厚の記録媒体のいずれに対しても入出力することができ、低消費電力が小さく、音が静かで、応答時間が短く、機械的構造が簡単で、かつ、コストダウンに寄与する光ピックアップを提供することを目的とするも

のである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明による光ピックアップは、少なくとも光源と、対物レンズと、光源からのレーザ光を90度折り曲げて対物レンズに照射する反射ミラーとを有する光記録再生装置の光ピックアップにおいて、前記反射ミラーが、形状が変化するミラー面と、前記ミラー面の形状を変化させる面形状可変手段とを備えた可変ミラーで構成されていることを特徴とする。

【0009】また、本発明による光ピックアップは、少なくとも光源と、対物レンズと、光源からのレーザ光を90度折り曲げて対物レンズに照射する反射ミラーと、記録媒体とを有する光記録再生装置の光ピックアップにおいて、前記反射ミラーが、形状が変化するミラー面と、前記ミラー面の形状を変化させる面形状可変手段とを備えた可変ミラーで構成され、該ミラー面の形状を変化させることにより、基板厚さが異なる前記記録媒体に対して入出力可能に前記レーザ光を集光させることができるようにしたことを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。図1は本発明による光ピックアップの一実施例を示す概略構成図である。本実施例の光ピックアップ1は、図37に示す光ピックアップ1'に設けられた変形しないミラー6'の代わりに、形状が変化するミラー面と、該ミラー面の形状を変化させる面形状可変手段とを備えた可変ミラー6を備えて構成されている。対物レンズ7の集光位置には記録媒体8がセットされるようになっている。その他、本実施例の光ピックアップ1は、レーザダイオード2とミラー6'との間に偏光ビームスプリッタ4と、波長板5を有し、偏光ビームスプリッタ4により分離される一方の光路に集光レンズ9と、フォトダイオードなどで構成された光検出器10を有している。

【0011】そして、本実施例の光ピックアップ1では、可変ミラー6のミラー面の形状を変化させることにより、球面収差を軽減させて、基板厚の異なる2種類の記録媒体の入出力が可能となるようにレーザ光を集光させることができるように構成されている。

【0012】図37に示した従来の光ピックアップ1'の対物レンズ7は0.6mm基板厚の記録媒体に対して最適化されており、0.6mm基板厚の記録媒体に対する球面収差は図2(a)に示すように像高約1degで良好な値になっている。しかし、1.2mm基板厚の記録媒体に対しては図2(b)に示すように球面収差が+側に大きく発生する。そこで、本実施例の光ピックアップ1では、この1.2mm基板厚の記録媒体を入出力するときに、可変ミラー6を、ミラー面の形状を図3(a)に示すように変化させることができるようにした。すると、

球面収差は補正され、ほぼ図2(a)に示すように良好な球面収差を得ることができる。よって、本実施例によれば、異なる2種類の基板厚の記録媒体に対して、入出力が可能な、光ピックアップを実現することができる。

【0013】また、本実施例の光ピックアップ1は、可変ミラー6をミラー面の形状の変化のさせ方を変えて構成することで、記録媒体の製造誤差により発生する収差等を補正することもできる。そこで、次にそれらの構成例を説明する。対物レンズのNAが高い高密度な光ピックアップにおいては、記録媒体の厚み誤差により発生する球面収差の影響が大きい。そこで、図1の光ピックアップ1において、可変ミラー6を、ミラー面の形状を図3(b)に示すような形状に変形可能に構成すると、+側の球面収差を補正することができ、図3(a)に示すような形状に変形可能に構成すると、-側の球面収差を補正することができる。

【0014】また、記録媒体の傾きや、反りによりコマ収差が発生する。そこで、可変ミラー6を、ミラー面の形状を図3(c)、図3(d)に示すような形状に変形可能に構成すると、コマ収差を補正することができる。さらに、通常、コマ収差は記録媒体の半径方向の傾きや、反りで発生するため、半径方向のコマ収差を補正するが、動径方向に発生する場合もある。この場合は、可変ミラー6を、ミラー面の形状を図3(c)、図3(d)に示すような形状でもって2次元方向に変形可能に構成することにより、2次元のコマ収差の補正が可能になる。さらにまた、可変ミラー6を、ミラー面の形状を図3(a)～図3(d)に示すような形状を組み合わせた形状に変形可能に構成することにより、球面収差、コマ収差を同時に補正することも可能となる。

【0015】また、本実施例の光ピックアップ1では、図4(a)～(c)に示すように、可変ミラー6のミラー面の形状を変形させることにより、図5に示すフォーカスエラー信号を検出するようにしている。上述のように、図37に示した従来の通常の光ピックアップ1'では、対物レンズ7を光軸方向に駆動して、記録媒体8上でデフォーカスさせ、この状態で光検出器10への戻り光を検出することにより、フォーカスエラー信号(デフォーカス量)を検出していた。

【0016】これに対し、本実施例の光ピックアップ1は、図4(b)、(c)に示すように、可変ミラー6のミラー面の形状を凸面、凹面に変形させることにより、平行光をそれぞれ発散光、集束光にして、記録媒体8上でデフォーカスを生じさせる。これにより可変ミラー6のミラー面の変形量に対して図5に示すような信号(フォーカスエラー信号と同じ信号)が得られる。よって、本実施例の光ピックアップ1によれば、従来の光ピックアップ1'において用いられていた対物レンズ7の駆動による場合と同様にフォーカスエラー信号を検出することが可能となり、信号出力がゼロになるように可変ミラー6の

ミラー面の変形を制御すれば、常にレーザ光を記録媒体8上に入出力可能に集光させることができる。(これをフォーカスサーボと言う)。

【0017】また、本実施例の光ピックアップ1は、図6、図7(a)~(c)に示すように、可変ミラー6を、ミラー面の形状を平面、凸面のみに変形可能となるように構成しても、図8、図9(a)~(c)に示すように、可変ミラー6を、ミラー面の形状を平面、凹面に変形可能となるように構成してもよい。これらのように構成すれば、可変ミラー6のミラー面の変形はそれぞれ一方のみとなるので、図37の構成に比べて、可変ミラー6の構成を簡易化できる。

【0018】また、可変ミラー6としては、複数の分割された透明電極を有し、圧電材料を用いた構成のものや、ミラー面近傍に配置された永久磁石またはコイルと、ミラー面と一体化された透明な電流を流すことが可能な部材とを有し、電磁力により面形状を変化させることが可能に構成のものなどを用いることができる。そこで、以下に、本発明の光ピックアップに適用可能な可変ミラーの具体的構成を実施例を用いて説明する。

【0019】図10は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡を用いたデジタルカメラのケプラー式ファインダーの概略構成図である。本実施例の構成は、もちろん、銀塩フィルムカメラにも使うことができる。まず、可変ミラー409について説明する。

【0020】可変形状鏡409は、アルミコーティングされた薄膜(反射面)409aと複数の電極409bからなる光学特性可変形状鏡(以下、単に可変形状鏡と言う。)であり、411は各電極409bにそれぞれ接続された複数の可変抵抗器、412は可変抵抗器411と電源スイッチ413を介して薄膜409aと電極409b間に接続された電源、414は複数の可変抵抗器411の抵抗値を制御するための演算装置、415、416及び417はそれぞれ演算装置414に接続された温度センサー、湿度センサー及び距離センサーで、これらは図示のように配設されて1つの光学装置を構成している。

【0021】なお、対物レンズ902、接眼レンズ901、及び、プリズム404、二等辺直角プリズム405、ミラー406及び可変形状鏡の各面は、平面でなくてもよく、球面、回転対称非球面の他、光軸に対して偏心した球面、平面、回転対称非球面、あるいは、対称面を有する非球面、対称面を1つだけ有する非球面、対称面のない非球面、自由曲面、微分不可能な点又は線を有する面等、いかなる形状をしていてもよく、さらに、反射面でも屈折面でも光に何らかの影響を与え得る面ならばよい。以下、これらの面を総称して拡張曲面という。

【0022】また、薄膜409aは、例えば、P.Rai-choudhury編、Handbook of Microlithography, Michroma

chining and Microfabrication, Volume 2: Micromachining and Microfabrication, P495, Fig. 8. 58, SPIE PRESS刊やOptics Communication, 140巻(1997年)P187~190に記載されているメンブレインミラーのように、複数の電極409bとの間に電圧が印加されると、静電気力により薄膜409aが変形してその面形状が変化するようになっており、これにより、観察者の視度に合わせたピント調整ができるだけでなく、さらに、レンズ901、902及び/又はプリズム404、二等辺直角プリズム405、ミラー406の温度や湿度変化による変形や屈折率の変化、あるいは、レンズ枠の伸縮や変形及び光学素子、枠等の部品の組立誤差による結像性能の低下が抑制され、常に適正にピント調整並びにピント調整で生じた収差の補正が行われ得る。なお、電極409bの形は、例えば図12、13に示すように、薄膜409aの変形のさせ方に応じて選べばよい。

【0023】本実施例によれば、物体からの光は、対物レンズ902及びプリズム404の各入射面と射出面で屈折され、可変形状鏡409で反射され、プリズム404を透過して、二等辺直角プリズム405でさらに反射され(図10中、光路中の+印は、紙面の裏側へ向かって光線が進むことを示している。)、ミラー406で反射され、接眼レンズ901を介して眼に入射するようになっている。このように、レンズ901、902、プリズム404、405、及び、可変形状鏡409によって、本実施例の光学装置の観察光学系を構成しており、これらの各光学素子の面形状と肉厚を最適化することにより、物体面の収差を最小にすることができるようになっている。

【0024】すなわち、反射面としての薄膜409aの形状は、結像性能が最適になるように演算装置414からの信号により各可変抵抗器411の抵抗値を変化させることにより制御される。すなわち、演算装置414へ、温度センサー415、湿度センサー416及び距離センサー417から周囲温度及び湿度並びに物体までの距離に応じた大きさの信号が入力され、演算装置414は、これらの入力信号に基づき周囲の温度及び湿度条件と物体までの距離による結像性能の低下を補償すべく、薄膜409aの形状が決定されるような電圧を電極409bに印加するように、可変抵抗器411の抵抗値を決定するための信号を出力する。このように、薄膜409aは電極409bに印加される電圧すなわち静電気力で変形させられるため、その形状は状況により非球面を含む様々な形状をとり、印加される電圧の極性を変えれば凸面とすることもできる。なお、距離センサー417はなくてもよく、その場合、固体撮像素子408からの像の信号の高周波成分が略最大になるように、デジタルカメラの撮像レンズ403を動かし、その位置から逆に物体距離を算出し、可変形状鏡を変形させて観察者の眼にピントが合うようにすればよい。

【0025】また、薄膜409aをポリイミド等の合成樹脂で製作すれば、低電圧でも大きな変形が可能であるので好都合である。なお、プリズム404と可変形状鏡409を一体的に形成してユニット化することができる。

【0026】また、図示を省略したが、可変形状鏡409の基板上に固体撮像素子408をリソグラフィプロセスにより一体的に形成してもよい。

【0027】また、レンズ901、902、プリズム404、405、ミラー406は、プラスチックモールド等で形成することにより任意の所望形状の曲面を容易に形成することができ、製作も簡単である。なお、本実施例の撮像装置では、レンズ901、902がプリズム404から離れて形成されているが、レンズ901、902を設けることなく収差を除去することができるようにプリズム404、405、ミラー406、可変形状鏡409を設計すれば、プリズム404、405、可変形状鏡409は1つの光学ブロックとなり、組立が容易となる。また、レンズ901、902、プリズム404、405、ミラー406の一部あるいは全部をガラスで作製してもよく、このように構成すれば、さらに精度の良い撮像装置が得られる。

【0028】なお、図10の例では、演算装置414、温度センサー415、湿度センサー416、距離センサー417を設け、温湿度変化、物体距離の変化等も可変形状鏡409で補償するようにしたが、そうではなくてもよい。つまり、演算装置414、温度センサー415、湿度センサー416、距離センサー417を省き、観察者の視度変化のみを可変形状鏡409で補正するようにしてもよい。

【0029】図11は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡409の他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡409は、薄膜409aと電極409bとの間に圧電素子409cが介装されていて、これらが支持台423上に設けられている。そして、圧電素子409cに加わる電圧を各電極409b毎に変えることにより、圧電素子409cに部分的に異なる伸縮を生じさせて、薄膜409aの形状を変えることができるようになっている。電極409bの形は、図12に示すように、同心分割であってもよいし、図13に示すように、矩形分割であってもよく、その他、適宜の形のものを選択することができる。

図11中、424は演算装置414に接続された振れ（ブレ）センサーであって、例えばデジタルカメラの振れを検知し、振れによる像の乱れを補償するように薄膜409aを変形させるべく、演算装置414及び可変抵抗器411を介して電極409bに印加される電圧を変化させる。このとき、温度センサー415、湿度センサー416及び距離センサー417からの信号も同時に考慮され、ピント合わせ、温湿度補償等が行われる。この

場合、薄膜409aには圧電素子409cの変形に伴う応力が加わるので、薄膜409aの厚さはある程度厚めに作られて相応の強度を持たせるようにするのがよい。

【0030】図14は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡は、薄膜409aと電極409bの間に介置される圧電素子が逆方向の圧電特性を持つ材料で作られた2枚の圧電素子409c及び409c'で構成されている点で、図11に示した実施例の可変形状鏡とは異なる。すなわち、圧電素子409cと409c'が強誘電性結晶で作られているとすれば、結晶軸の向きが互いに逆になるように配置される。この場合、圧電素子409cと409c'は電圧が印加されると逆方向に伸縮するので、薄膜409aを変形させる力が図11に示した実施例の場合よりも強くなり、結果的にミラー表面の形を大きく変えることができるという利点がある。

【0031】圧電素子409c、409c'に用いる材料としては、例えばチタン酸バリウム、ロッシェル塩、水晶、電気石、リン酸二水素カリウム（KDP）、リン酸二水素アンモニウム（ADP）、ニオブ酸リチウム等の圧電物質、同物質の多結晶体、同物質の結晶、PbZrO<sub>3</sub>とPbTiO<sub>3</sub>の固溶体の圧電セラミックス、ニフッ化ポリビニール（PVDF）等の有機圧電物質、上記以外の強誘電体等があり、特に有機圧電物質はヤング率が小さく、低電圧でも大きな変形が可能であるので、好ましい。なお、これらの圧電素子を利用する場合、厚さを不均一にすれば、上記実施例において薄膜409aの形状を適切に変形させることも可能である。

【0032】また、圧電素子409c、409c'の材質としては、ポリウレタン、シリコンゴム、アクリルエラストマー、PZT、PLZT、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）等の高分子圧電体、シアン化ビニリデン共重合体、ビニリデンフルオライドとトリフルオロエチレンの共重合体等が用いられる。圧電性を有する有機材料や、圧電性を有する合成樹脂、圧電性を有するエラストマー等を用いると可変形状鏡面の大きな変形が実現できてよい。

【0033】なお、図11、15の圧電素子409cに電歪材料、例えば、アクリルエラストマー、シリコンゴム等を用いる場合には、圧電素子409cを別の基板409c-1と電歪材料409c-2を貼り合わせた構造にしてもよい。

【0034】図15は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡は、圧電素子409cが薄膜409aと電極409dとにより挟持され、薄膜409aと電極409d間に演算装置414により制御される駆動回路425を介して電圧が印加されるようになっており、さらにこれとは別

に、支持台 423 上に設けられた電極 409b にも演算装置 414 により制御される駆動回路 425 を介して電圧が印加されるように構成されている。したがって、本実施例では、薄膜 409a は電極 409d との間に印加される電圧と電極 409b に印加される電圧による静電気力とにより二重に変形され得、上記実施例に示した何れのものよりもより多くの変形パターンが可能であり、かつ、応答性も速いという利点がある。

【0035】そして、薄膜 409a、電極 409d 間の電圧の符号を変えれば、可変形状鏡を凸面にも凹面にも変形させることができる。その場合、大きな変形を圧電効果で行ない、微細な形状変化を静電気力で行なってもよい。また、凸面の変形には圧電効果を主に用い、凹面の変形には静電気力を主に用いてもよい。なお、電極 409d は電極 409b のように複数の電極から構成されてもよい。この様子を図 15 に示した。なお、本願では、圧電効果と電歪効果、電歪をすべてまとめて圧電効果と述べている。従って、電歪材料も圧電材料に含むものとする。

【0036】図 16 は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡 409 のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡は、電磁気力を利用して反射面の形状を変化させ得るようにしたもので、支持台 423 の内部底面上には永久磁石 426 が、頂面上には窒化シリコン又はポリイミド等からなる基板 409e の周縁部が載置固定されており、基板 409e の表面にはアルミニウム等の金属コートで作られた薄膜 409a が付設されていて、可変形状鏡 409 を構成している。基板 409e の下面には複数のコイル 427 が配設されており、これらのコイル 427 はそれぞれ駆動回路 428 を介して演算装置 414 に接続されている。したがって、各センサー 415、416、417、424 からの信号によって演算装置 414 において求められる光学系の変化に対応した演算装置 414 からの出力信号により、各駆動回路 428 から各コイル 427 にそれぞれ適当な電流が供給されると、永久磁石 426 との間に働く電磁気力で各コイル 427 は反発又は吸着され、基板 409e 及び薄膜 409a を変形させる。

【0037】この場合、各コイル 427 はそれぞれ異なる量の電流を流すようにすることもできる。また、コイル 427 は 1 個でもよいし、永久磁石 426 を基板 409e に付設しコイル 427 を支持台 423 の内部底面側に設けるようにしてもよい。また、コイル 427 はリソグラフィー等の手法で作るとよく、さらに、コイル 427 には強磁性体よりなる鉄心を入れるようにしてもよい。

【0038】この場合、薄膜コイル 427 の巻密度を、図 17 に示すように、場所によって変化させることにより、基板 409e 及び薄膜 409a に所望の変形を与え

るようにすることもできる。また、コイル 427 は 1 個でもよいし、また、これらのコイル 427 には強磁性体よりなる鉄心を挿入してもよい。

【0039】図 18 は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡 409 のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡では、基板 409e は鉄等の強磁性体で作られており、反射膜としての薄膜 409a はアルミニウム等からなっている。この場合、薄膜コイルを設けなくてもすむから、構造が簡単で、製造コストを低減することができる。また、電源スイッチ 413 を切換え兼電源開閉用スイッチに置換すれば、コイル 427 に流れる電流の方向を変えることができ、基板 409e 及び薄膜 409a の形状を自由に変えることができる。図 19 は本実施例におけるコイル 427 の配置を示し、図 20 はコイル 427 の他の配置例を示しているが、これらの配置は、図 16 に示した実施例にも適用することができる。なお、図 21 は、図 16 に示した実施例において、コイル 427 の配置を図 20 に示したようにした場合に適する永久磁石 426 の配置を示している。すなわち、図 21 に示すように、永久磁石 426 を放射状に配置すれば、図 16 に示した実施例に比べて、微妙な変形を基板 409e 及び薄膜 409a に与えることができる。また、このように電磁気力を用いて基板 409e 及び薄膜 409a を変形させる場合（図 16 及び図 18 の実施例）は、静電気力を用いた場合よりも低電圧で駆動できるという利点がある。

【0040】以上、本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能ないくつかの可変形状鏡の実施例を述べたが、ミラーの形を変形させるのに、図 15 の例に示すように、2 種類以上の力を用いてもよい。つまり静電気力、電磁力、圧電効果、磁歪、流体の圧力、電場、磁場、温度変化、電磁波等のうちから 2 つ以上を同時に用いて可変形状鏡を変形させてもよい。つまり 2 つ以上の異なる駆動方法を用いて光学特性可変光学素子を作れば、大きな変形と微細な変形とを同時に実現でき、精度の良い鏡面が実現できる。

【0041】図 22 は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡 409 を用いた撮像系、例えば携帯電話のデジタルカメラ、カプセル内視鏡、電子内視鏡、パソコン用デジタルカメラ、PDA 用デジタルカメラ等に用いられる撮像系の概略構成図である。本実施例の撮像系は、可変形状鏡 409 と、レンズ 902 と、固体撮像素子 408 と、制御系 103 とで一つの撮像ユニット 104 を構成している。本実施例の撮像ユニット 104 では、レンズ 102 を通った物体からの光は可変形状鏡 409 で集光され、固体撮像素子 408 の上に結像する。可変形状鏡 409 は、光学特性可変光学素子の一種であり、可変焦点ミラーとも呼ばれている。

【0042】本実施例によれば、物体距離が変わっても可変形状鏡409を変形させることでピント合わせをすることができ、レンズをモータ等で駆動する必要がなく、小型化、軽量化、低消費電力化の点で優れている。また、撮像ユニット104は本発明の撮像系としてすべての実施例で用いることができる。また、可変形状鏡409を複数用いることでズーム、変倍の撮像系、光学系を作ることができる。なお、図22では、制御系103にコイルを用いたトランスの昇圧回路を含む制御系の構成例を示している。特に積層型圧電トランスを用いると、小型化できてよい。昇圧回路は本発明のすべての電気を用いる可変形状鏡、可変焦点レンズに用いることができるが、特に静電気力、圧電効果を用いる場合の可変形状鏡、可変焦点レンズに有用である。

【0043】図23は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能なさらに他の実施例に係る、マイクロポンプ180で流体161を出し入れし、レンズ面を変形させる可変形状鏡188の概略構成図である。本実施例によれば、レンズ面を大きく変形させることが可能になるというメリットがある。マイクロポンプ180は、例えば、マイクロマシンの技術で作られた小型のポンプで、電力で動くように構成されている。流体161は、透明基板163と、弾性体164との間に挟まれている。マイクロマシンの技術で作られたポンプの例としては、熱変形を利用したもの、圧電材料を用いたもの、静電気力を用いたものなどがある。

【0044】図24は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡に用いるマイクロポンプの一実施例を示す概略構成図である。本実施例のマイクロポンプ180では、振動板181は静電気力、圧電効果等の電気力により振動する。図24では静電気力により振動する例を示しており、図24中、182、183は電極である。また、点線は変形した時の振動板181を示している。振動板181の振動に伴い、2つの弁184、185が開閉し、流体161を右から左へ送るようになっている。

【0045】本実施例の可変形状鏡188では、反射膜189が流体161の量に応じて凹凸に変形すること

$$2nm \leq D \leq \lambda/5$$

とする。すなわち、液晶分子517の大きさは、2nm程度以上であるので、平均の直径Dの下限値は、2nm以上とする。また、Dの上限値は、可変焦点レンズ511の光軸方向における高分子分散液晶層514の厚さtにも依存するが、λに比べて大きいと、高分子の屈折率と液晶分子517の屈折率との差により、高分子セル518の境界面で光が散乱して高分子分散液晶層514が不透明になってしまうため、後述するように、好ましく

$$n_{ox} = n_{oy} = n_o$$

である。ただし、 $n_o$ は常光線の屈折率を示し、 $n_{ox}$ および $n_{oy}$ は、常光線を含む面内での互いに直交する方向

で、可変形状鏡として機能する。可変形状鏡188は流体161で駆動されている。流体としては、シリコンオイル、空気、水、ゼリー、等の有機物、無機物を用いることができる。

【0046】なお、静電気力、圧電効果を用いた可変形状鏡、可変焦点レンズなどにおいては、駆動用に高電圧が必要になる場合がある。その場合には、例えば図22に示すように、昇圧用のトランス、あるいは圧電トランス等を用いて制御系を構成するとよい。また、反射用の薄膜409aは、変形しない部分にも設けておくと、可変形状鏡の形状を干渉計等で測定する場合に、基準面として使うことができ便利である。

【0047】図25は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変焦点ミラーの一例の構成を示す図である。図25に示す可変焦点ミラー565は可変焦点レンズを用いて構成されている。そこで、可変焦点ミラー565の説明に先立ち可変焦点レンズについて説明する。

【0048】図26は可変焦点レンズの原理的構成を示す図である。この可変焦点レンズ511は、第1、第2の面としてのレンズ面508a、508bを有する第1のレンズ512aと、第3、第4の面としてのレンズ面509a、509bを有する第2のレンズ512bと、これらレンズ間に透明電極513a、513bを介して設けた高分子分散液晶層514とを有し、入射光を第1、第2のレンズ512a、512bを経て収束させるものである。透明電極513a、513bは、スイッチ515を介して交流電源516に接続して、高分子分散液晶層514に交流電界を選択的に印加するようにする。なお、高分子分散液晶層514は、それぞれ液晶分子517を含む球状、多面体等の任意の形状の多数の微小な高分子セル518を有して構成し、その体積は、高分子セル518を構成する高分子および液晶分子517がそれぞれ占める体積の和に一致させる。

【0049】ここで、高分子セル518の大きさは、例えば球状とする場合、その平均の直径Dを、使用する光の波長をλとすると、例えば、

$$\dots (1)$$

はλ/5以下とする。可変焦点レンズが用いられる光学製品によっては高精度を要求しない場合もあり、そのときDはλ以下でよい。なお、高分子分散液晶層514の透明度は、厚さtが厚いほど悪くなる。

【0050】また、液晶分子517は、例えば、一軸性のネマティック液晶分子を用いる。この液晶分子517の屈折率楕円体は、図27に示すような形状となり、

$$\dots (2)$$

の屈折率を示す。

【0051】ここで、図26に示すように、スイッチ5



15をオフ、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加しない状態では、液晶分子517が様々な方向を向いているので、入射光に対する高分子分散液晶層514の屈折率は高く、屈折力の強いレンズとなる。これに対し、図28に示すように、スイッチ515をオンとして高分子分散液晶層514に交流電界を印加すると、液晶分子517は、屈折率楕円体の長軸方向が可変焦点レンズ511の光軸と平行となるように配向するので、屈折率が低くなり、屈折力の弱いレンズとなる。

【0052】なお、高分子分散液晶層514に印加する電圧は、例えば、図29に示すように、可変抵抗器51

$$(n_{ox} + n_{oy} + n_z) / 3 \equiv n_{LC'}$$

となる。また、上記(2)式が成り立つときの平均屈折率

$$(2n_o + n_e) / 3 \equiv n_{LC}$$

で与えられる。このとき、高分子分散液晶層514の屈折率 $n_A$ は、高分子セル518を構成する高分子の屈折率を $n_P$ とし、高分子分散液晶層514の体積に占める

$$n_A = f f \cdot n_{LC'} + (1 - f f) n_P$$

で与えられる。

【0054】したがって、図29に示すように、レンズ512aおよび512bの内側の面、すなわち高分子分

$$1/f_1 = (n_A - 1) (1/R_1 - 1/R_2)$$

で与えられる。なお、 $R_1$ および $R_2$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、

$$(n_{ox} + n_{oy}) / 2 = n_o'$$

とすれば、図28に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層

$$n_B = f f \cdot n_o' + (1 - f f) n_P$$

で与えられるので、この場合の高分子分散液晶層514

$$1/f_2 = (n_B - 1) (1/R_1 - 1/R_2)$$

で与えられる。なお、高分子分散液晶層514に、図28におけるよりも低い電圧を印加する場合の焦点距離は、(6)式で与えられる焦点距離 $f_1$ と、(9)式で与えら

$$|(f_2 - f_1) / f_2| = |(n_B - n_A) / (n_B - 1)| \quad \dots(10)$$

で与えられる。したがって、この変化率を大きくするに

$$n_B - n_A = f f \cdot (n_o' - n_{LC'})$$

であるから、 $|n_o' - n_{LC'}|$ を大きくすれば、変化率を大きくすることができる。実用的には、 $n_B$ が、

$$0.01 \leq |n_o' - n_{LC'}| \leq 1.0$$

とすれば、 $f f = 0.5$ のとき、高分子分散液晶層514による焦点距離を、0.5%以上変えることができるので、効果的な可変焦点レンズを得ることができる。なお、 $|n_o' - n_{LC'}|$ は、液晶物質の制限から、1.0を越えることはできない。

【0057】次に、上記(1)式の上限値の根拠について説明する。「Solar Energy Materials and Solar Cells」31巻、Wilson and Eck, 1993, Elsevier Science Publishers B.V. 発行の第197～214頁、「Transmission variation using scattering/transparent switching film

9により段階的あるいは連続的に変化させることもできる。このようにすれば、印加電圧が高くなるにつれて、液晶分子517は、その楕円長軸が徐々に可変焦点レンズ511の光軸と平行となるように配向するので、屈折力を段階的あるいは連続的に変えることができる。

【0053】ここで、図26に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加しない状態での、液晶分子517の平均屈折率 $n_{LC'}$ は、図27に示すように屈折率楕円体の長軸方向の屈折率を $n_z$ とすると、およそ

$$\dots(3)$$

$n_{LC}$ は、 $n_z$ を異常光線の屈折率 $n_e$ と表して、

$$\dots(4)$$

液晶分子517の体積の割合を $f f$ とすると、マックスウェル・ガーネットの法則により、

$$\dots(5)$$

分散液晶層514側の面の曲率半径を、それぞれ $R_1$ および $R_2$ とすると、可変焦点レンズ511の焦点距離 $f_1$ は、

$$\dots(6)$$

高分子分散液晶層514のみによるレンズの焦点距離が、(6)式で与えられる。

【0055】また、常光線の平均屈折率を、

$$\dots(7)$$

514の屈折率 $n_B$ は、

$$\dots(8)$$

のみによるレンズの焦点距離 $f_2$ は、

$$\dots(9)$$

れる焦点距離 $f_2$ との間の値となる。

【0056】上記(6)および(9)式から、高分子分散液晶層514による焦点距離の変化率は、

は、 $|n_B - n_A|$ を大きくすればよい。ここで、

$$\dots(11)$$

1. 3～2程度であるから、

$$\dots(12)$$

s」には、高分子分散液晶の大きさを変化させたときの透過率 $\tau$ の変化が示されている。そして、かかる文献の第206頁、図6には、高分子分散液晶の半径を $r$ とし、 $t = 300 \mu m$ 、 $f f = 0.5$ 、 $n_P = 1.45$ 、 $n_{LC} = 1.585$ 、 $\lambda = 500 nm$ とすると、透過率 $\tau$ は、理論値で、 $r = 5 nm$  ( $D = \lambda / 50$ 、 $D \cdot t = \lambda \cdot 6 \mu m$  (ただし、 $D$ および $\lambda$ の単位は $nm$ 、以下も同じ)) のとき $\tau \approx 90\%$ となり、 $r = 25 nm$  ( $D = \lambda / 10$ ) のとき $\tau \approx 50\%$ になることが示されている。

【0058】ここで、例えば、 $t = 150 \mu m$ の場合を

推定してみると、透過率 $\tau$ が $t$ の指数関数で変化すると仮定して、 $t=150\mu\text{m}$ の場合の透過率 $\tau$ を推定してみると、 $r=25\text{nm}$  ( $D=\lambda/10$ 、 $D\cdot t=\lambda\cdot 15\mu\text{m}$ ) のとき $\tau\approx 71\%$ となる。また、 $t=75\mu\text{m}$

$$D\cdot t\leq\lambda\cdot 15\mu\text{m}$$

であれば、 $\tau$ は70%~80%以上となり、レンズとして十分実用になる。したがって、例えば、 $t=75\mu\text{m}$ の場合は、 $D\leq\lambda/5$ で、十分な透過率が得られることになる。

【0060】また、高分子分散液晶層514の透過率

$$np=(n_0'+n_{LC}')/2$$

を満足するときである。

【0061】ここで、可変焦点レンズ511は、レンズとして使用するものであるから、図26の状態でも、図28の状態でも、透過率はほぼ同じで、かつ高い方が良

$$n_0'\leq np\leq n_{LC}'$$

とすればよい。

【0062】上記(14)式を満足すれば、上記(13)式は、

$$D\cdot t\leq\lambda\cdot 60\mu\text{m}$$

であれば良いことになる。なぜなら、フレネルの反射則によれば、反射率は屈折率差の2乗に比例するので、高分子セル518を構成する高分子と液晶分子517との境界での光の反射、すなわち高分子分散液晶層514の

$$D\cdot t\leq\lambda\cdot 15\mu\text{m}\cdot (1.585-1.45)^2/(n_u-np)^2\cdots(17)$$

であればよい。ただし、 $(n_u-np)^2$ は、 $(n_{LC}'-np)^2$ と $(n_0'-np)^2$ とのうち、大きい方である。

【0064】また、可変焦点レンズ511の焦点距離変

$$0.1\leq f f\leq 0.999$$

とする。一方、 $f f$ は、小さいほど $\tau$ は向上するので、

$$4\times 10^{-6}[\mu\text{m}]^2\leq D\cdot t\leq\lambda\cdot 45\mu\text{m}\cdot (1.585-1.45)^2/(n_u-np)^2\cdots(19)$$

とする。なお、 $t$ の下限値は、図26から明らかなように、 $t=D$ で、 $D$ は、上述したように2nm以上であるので、 $D\cdot t$ の下限値は、 $(2\times 10^{-3}\mu\text{m})^2$ 、すなわち $4\times 10^{-6}[\mu\text{m}]^2$ となる。

【0065】なお、物質の光学特性を屈折率で表す近似が成り立つのは、「岩波科学ライブラリー8 小惑星が

$$7\text{nm}\leq D\leq 500\lambda$$

とする。

【0066】図30は、図29に示す可変焦点レンズ511を用いたデジタルカメラ用の撮像光学系の構成を示すものである。この撮像光学系においては、物体(図示せず)の像を、絞り521、可変焦点レンズ511およびレンズ522を介して、例えばCCDよりなる固体撮像素子523上に結像させる。なお、図30では、液晶分子の図示を省略してある。

【0067】かかる撮像光学系によれば、可変抵抗器519により可変焦点レンズ511の高分子分散液晶層514に印加する交流電圧を調整して、可変焦点レンズ511の焦点距離を変えることより、可変焦点レンズ511およびレンズ522を光軸方向に移動させることな

の場合は、同様に、 $r=25\text{nm}$  ( $D=\lambda/10$ 、 $D\cdot t=\lambda\cdot 7.5\mu\text{m}$ ) のとき $\tau\approx 80\%$ となる。

【0059】これらの結果から、

$$\cdots(13)$$

は、 $np$ の値が $n_{LC}'$ の値に近いほど良くなる。一方、 $n_0'$ と $np$ とが異なる値になると、高分子分散液晶層514の透過率は悪くなる。図26の状態と図28の状態とで、平均して高分子分散液晶層514の透過率が良くなるのは、

$$\cdots(14)$$

い。そのためには、高分子セル518を構成する高分子の材料および液晶分子517の材料に制限があるが、実用的には、

$$\cdots(15)$$

さらに緩和され、

$$\cdots(16)$$

透過率の減少は、およそ上記の高分子と液晶分子517との屈折率の差の2乗に比例するからである。

【0063】以上は、 $n_0'\approx 1.45$ 、 $n_{LC}'\approx 1.585$ の場合であったが、より一般的に定式化すると、

化を大きくするには、 $f f$ の値が大きい方が良いが、 $f f=1$ では、高分子の体積がゼロとなり、高分子セル518を形成できなくなるので、

$$\cdots(18)$$

上記(17)式は、好ましくは、

$$\cdots(19)$$

やってくる」向井正著、1994、岩波書店発行の第58頁に記載されているように、 $D$ が10nm~5nmより大きい場合である。また、 $D$ が500 $\lambda$ を越えると、光の散乱は幾何学的となり、高分子セル518を構成する高分子と液晶分子517との界面での光の散乱がフレネルの反射式に従って増大するので、 $D$ は、実用的には、

$$\cdots(20)$$

く、例えば、無限遠から600mmまでの物体距離に対して、連続的に合焦させることが可能となる。

【0068】図31は可変焦点レンズの原理を用いた可変焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。この可変焦点回折光学素子531は、平行な第1、第2の面532a、532bを有する第1の透明基板532と、光の波長オーダーの溝深さを有する断面鋸歯波状のリング状回折格子を形成した第3の面533aおよび平坦な第4の面533bを有する第2の透明基板533とを有し、入射光を第1、第2の透明基板532、533を経て出射させるものである。第1、第2の透明基板532、533間には、図26で説明したと同様に、透明電極513a、513bを介して高分子分散液晶層514

を設け、透明電極513a、513bをスイッチ515を経て交流電源516に接続して、高分子分散液晶層514に交流電界を印加するようにする。

$$p \sin \theta = m \lambda$$

を満たす角度 $\theta$ だけ偏向されて出射される。また、溝深さを $h$ 、透明基板33の屈折率を $n_{33}$ とし、 $k$ を整数と

$$h(n_A - n_{33}) = m \lambda$$

$$h(n_B - n_{33}) = k \lambda$$

を満たせば、波長 $\lambda$ で回折効率が100%となり、フレアの発生を防止することができる。

$$h(n_A - n_B) = (m - k) \lambda$$

が得られる。したがって、例えば、 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 、 $n_A = 1.55$ 、 $n_B = 1.5$ とすると、

$$0.05h = (m - k) \cdot 500 \text{ nm}$$

となり、 $m = 1$ 、 $k = 0$ とすると、

$$h = 10000 \text{ nm} = 10 \mu\text{m}$$

となる。この場合、透明基板533の屈折率 $n_{33}$ は、上記(22)式から、 $n_{33} = 1.5$ であればよい。また、可変焦点回折光学素子531の周辺部における格子ピッチ $p$ を $10 \mu\text{m}$ とすると、 $\theta \approx 2.87^\circ$ となり、Fナンバー

$$0.7m\lambda \leq h(n_A - n_{33}) \leq 1.4m\lambda \quad \dots(25)$$

$$0.7k\lambda \leq h(n_B - n_{33}) \leq 1.4k\lambda \quad \dots(26)$$

$$0.7(m - k)\lambda \leq h(n_A - n_B) \leq 1.4(m - k)\lambda \quad \dots(27)$$

を満たせば良い。

【0073】また、ツイストネマティック液晶を用いる可変焦点レンズもある。図32および図33は、この場合の可変焦点眼鏡550の構成を示すものであり、可変焦点レンズ551は、レンズ552および553と、これらレンズの内面上にそれぞれ透明電極513a、513bを介して設けた配向膜539a、539bと、これら配向膜間に設けたツイストネマティック液晶層554とを有して構成し、その透明電極513a、513bを可変抵抗器519を経て交流電源516に接続して、ツイストネマティック液晶層554に交流電界を印加する

$$2 \text{ nm} \leq P \leq 2 \lambda / 3$$

とする。なお、この条件の下限値は、液晶分子の大きさで決まり、上限値は、入射光が自然光の場合に、図32の状態ツイストネマティック液晶層554が等方媒質として振舞うために必要な値であり、この上限値の条件を満たさないと、可変焦点レンズ551は偏光方向によって焦点距離の異なるレンズとなり、これがため二重像が形成されてぼけた像しか得られなくなる。

【0076】図34(a)は可変焦点レンズの原理を応用した可変偏角プリズムの構成を示すものである。この可変偏角プリズム561は、第1、第2の面562a、562bを有する入射側の第1の透明基板562と、第3、第4の面563a、563bを有する出射側の平行平板状の第2の透明基板563とを有する。入射側の透明基板562の内面(第2の面)562bは、フレネル状に形成し、この透明基板562と出射側の透明基板5

【0069】かかる構成において、可変焦点回折光学素子531に入射する光線は、第3の面533aの格子ピッチを $p$ とし、 $m$ を整数とすると、

$$\dots(21)$$

すると、

$$\dots(22)$$

$$\dots(23)$$

【0070】ここで、上記(22)および(23)式の両辺の差を求めると、

$$\dots(24)$$

一が10のレンズを得ることができる。

【0071】かかる可変焦点回折光学素子531は、高分子分散液晶層514への印加電圧のオン・オフで光路長が変わるので、例えば、レンズ系の光束が平行でない部分に配置して、ピント調整を行うのに用いたり、レンズ系全体の焦点距離等を変えるのに用いることができる。

【0072】なお、この実施形態において、上記(22)～(24)式は、実用上、

ようにする。

【0074】かかる構成において、ツイストネマティック液晶層554に印加する電圧を高くすると、液晶分子555は、図33に示すようにホメオトロピック配向となり、図32に示す印加電圧が低いツイストネマティック状態の場合に比べて、ツイストネマティック液晶層554の屈折率は小さくなり、焦点距離が長くなる。

【0075】ここで、図32に示すツイストネマティック状態における液晶分子555の螺旋ピッチ $P$ は、光の波長 $\lambda$ に比べて同じ程度か十分小さくする必要があるので、例えば、

$$\dots(28)$$

63との間に、図26で説明したと同様に、透明電極513a、513bを介して高分子分散液晶層514を設ける。透明電極513a、513bは、可変抵抗器519を経て交流電源516に接続し、これにより高分子分散液晶層514に交流電界を印加して、可変偏角プリズム561を透過する光の偏角を制御するようにする。なお、図34(a)では、透明基板562の内面562bをフレネル状に形成したが、例えば、図34(b)に示すように、透明基板562および563の内面を相対的に傾斜させた傾斜面を有する通常のプリズム状に形成することもできるし、あるいは図31に示した回折格子状に形成することもできる。回折格子状に形成する場合には、上記の(21)～(27)式が同様にあてはまる。

【0077】かかる構成の可変偏角プリズム561は、例えば、TVカメラ、デジタルカメラ、フィルムカメ

ラ、双眼鏡等のブレ防止用として有効に用いることができる。この場合、可変偏角プリズム561の屈折方向（偏向方向）は、上下方向とするのが望ましいが、さらに性能を向上させるためには、2個の可変偏角プリズム561を偏向方向を異ならせて、例えば図35に示すように、上下および左右の直交する方向で屈折角を変えるように配置するのが望ましい。なお、図34および図35では、液晶分子の図示を省略してある。

【0078】そして、図25に示す可変焦点ミラー565も可変焦点レンズの原理を応用したものである。この可変焦点ミラー565は、第1、第2の面566a、566bを有する第1の透明基板566と、第3、第4の面567a、567bを有する第2の透明基板567とを有する。第1の透明基板566は、平板状またはレンズ状に形成して、内面（第2の面）566bに透明電極513aを設け、第2の透明基板567は、内面（第3の面）567aを凹面状に形成して、該凹面上に反射膜568を施し、さらにこの反射膜568上に透明電極513bを設ける。透明電極513a、513b間には、図26で説明したと同様に、高分子分散液晶層514を設け、これら透明電極513a、513bをスイッチ515および可変抵抗器519を経て交流電源516に接続して、高分子分散液晶層514に交流電界を印加するようにする。なお、図25では、液晶分子の図示を省略してある。

【0079】かかる構成によれば、透明基板566側から入射する光線は、反射膜568により高分子分散液晶層514を折り返す光路となるので、高分子分散液晶層514の作用を2回もたせることができると共に、高分子分散液晶層514への印加電圧を変えることにより、反射光の焦点位置を変えることができる。この場合、可変焦点ミラー565に入射した光線は、高分子分散液晶層514を2回透過するので、高分子分散液晶層514の厚さの2倍を $t$ とすれば、上記の各式を同様に用いることができる。なお、透明基板566または567の内面を、図31に示したように回折格子状にして、高分子分散液晶層514の厚さを薄くすることもできる。このようにすれば、散乱光をより少なくできる利点がある。

【0080】なお、以上の説明では、液晶の劣化を防止するため、電源として交流電源516を用いて、液晶に交流電界を印加するようにしたが、直流電源を用いて液晶に直流電界を印加するようにすることもできる。また、液晶分子の方向を変える方法としては、電圧を変化させること以外に、液晶にかかる電場の周波数、液晶にかかる磁場の強さ・周波数、あるいは液晶の温度等を変化させることによってよい。以上に示した構成例において、高分子分散液晶は液状ではなく固体に近いものもあるので、その場合はレンズ512a、512bの一方、透明基板532、レンズ538、レンズ552、553の一方、図34(a)における透明基板563、図3

4(b)における透明基板562、563の一方、透明基板566、567の一方はなくてもよい。なお、本願では図25のような、形状の変化しない可変焦点ミラーも、可変形状鏡の中に含めるものとする。

【0081】図36は本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例では、デジタルカメラに用いられるものとして説明する。なお、図36中、411は可変抵抗器、414は演算装置、415は温度センサー、416は湿度センサー、417は距離センサー、424は振れセンサーである。本実施例の可変形状鏡45は、アクリルエラストマー等の有機材料からなる電歪材料453と間を隔てて分割電極409bを設け、電歪材料453の上に順に電極452、変形可能な基板451を設け、さらにその上に入射光を反射するアルミニウム等の金属からなる反射膜450を設けて構成されている。このように構成すると、分割電極409bを電歪材料453と一体化した場合に比べて、反射膜450の面形状が滑らかになり、光学的に収差を発生させるにくくなるというメリットがある。なお、変形可能な基板451と電極452の配置は逆でも良い。また、図36中、449は光学系の変倍、あるいはズームを行なう鉤であり、可変形状鏡45は、鉤449を使用者が押すことで反射膜450の形を変形させて、変倍あるいは、ズームをすることができるよう演算装置414を介して制御されている。なお、アクリルエラストマー等の有機材料からなる電歪材料のかわりに既に述べたチタン酸バリウム等の圧電材料を用いてもよい。

【0082】最後に、本発明で用いる用語の定義を述べておく。

【0083】光学装置とは、光学系あるいは光学装置を含む装置のことである。光学装置単体で機能しなくてもよい。つまり、装置の一部でもよい。

【0084】光学装置には、撮像装置、観察装置、表示装置、照明装置、信号処理装置等が含まれる。

【0085】撮像装置の例としては、フィルムカメラ、デジタルカメラ、ロボットの眼、レンズ交換式デジタル一眼レフカメラ、テレビカメラ、動画記録装置、電子動画記録装置、カムコーダ、VTRカメラ、電子内視鏡等がある。デジカメ、カード型デジカメ、テレビカメラ、VTRカメラ、動画記録カメラなどはいずれも電子撮像装置の一例である。

【0086】観察装置の例としては、顕微鏡、望遠鏡、眼鏡、双眼鏡、ルーペ、ファイバースコープ、ファインダー、ビューファインダー等がある。

【0087】表示装置の例としては、液晶ディスプレイ、ビューファインダー、ゲームマシン（ソニー社製プレイステーション）、ビデオプロジェクター、液晶プロジェクター、頭部装着型画像表示装置（head mounted display: HMD）、PDA（携帯

情報端末)、携帯電話等がある。

【0088】照明装置の例としては、カメラのストロボ、自動車のヘッドライト、内視鏡光源、顕微鏡光源等がある。

【0089】信号処理装置の例としては、携帯電話、パソコン、ゲームマシン、光ディスクの読取・書込装置、光計算機の演算装置等がある。

【0090】撮像素子は、例えばCCD、撮像管、固体撮像素子、写真フィルム等を指す。また、平行平面板はプリズムの1つに含まれるものとする。観察者の変化には、視度の変化を含むものとする。被写体の変化には、被写体となる物体距離の変化、物体の移動、物体の動き、振動、物体のぶれ等を含むものとする。

【0091】拡張曲面の定義は以下の通りである。球面、平面、回転対称非球面のほか、光軸に対して偏心した球面、平面、回転対称非球面、あるいは対称面を有する非球面、対称面を1つだけ有する非球面、対称面のない非球面、自由曲面、微分不可能な点、線を有する面等、いかなる形をしていても良い。反射面でも、屈折面でも、光になんらかの影響を与えうる面ならば良い。本発明では、これらを総称して拡張曲面と呼ぶことにする。

【0092】光学特性可変光学素子とは、可変焦点レンズ、可変ミラー、面形状の変わる偏光プリズム、頂角可変プリズム、光偏向作用の変わる可変回折光学素子、つまり可変HOE、可変DOE等を含む。

【0093】可変焦点レンズには、焦点距離が変化せず、収差量が変化するような可変レンズも含むものとする。可変ミラーについても同様である。要するに、光学素子で、光の反射、屈折、回折等の光偏向作用が変化しうるものを光学特性可変光学素子と呼ぶ。

【0094】情報発信装置とは、携帯電話、固定式の電話、ゲームマシン、テレビ、ラジカセ、ステレオ等のリモコンや、パソコン、パソコンのキーボード、マウス、タッチパネル等の何らかの情報を入力し、送信することができる装置を指す。撮像装置のついたテレビモニター、パソコンのモニター、ディスプレイも含むものとする。情報発信装置は、信号処理装置の中に含まれる。

【0095】以上説明したように、本発明の光ピックアップは、特許請求の範囲の記載の他に以下に示す特徴を備えている。

【0096】(1) 前記可変ミラーは、前記ミラー面の形状が平面、または曲率面状の凹面及び凸面に変化することを特徴とする請求項1又は2に記載の光ピックアップ。

【0097】(2) 前記可変ミラーは、前記ミラー面の形状が平面、または曲率面状の凹面に変化することを特徴とする請求項1又は2に記載の光ピックアップ。

【0098】(3) 前記可変ミラーは、前記ミラー面の形状が平面、または曲率面状の凸面に変化することを特

徴とする請求項1又は2に記載の光ピックアップ。

【0099】(4) 前記可変ミラーは、前記ミラー面の形状を変化させることにより、前記記録媒体の基板厚さ誤差により発生する球面収差を補正することを特徴とする請求項2に記載の光ピックアップ。

【0100】(5) 前記可変ミラーは、前記ミラー面の形状を変化させることにより、前記記録媒体の傾き、反りにより発生するコマ収差を補正することを特徴とする請求項2に記載の光ピックアップ。

【0101】(6) 前記可変ミラーは、前記ミラー面の形状を変化させることにより、前記記録媒体の基板厚さ誤差により発生する球面収差や、反りにより発生するコマ収差を補正することを特徴とする請求項2に記載の光ピックアップ。

【0102】(7) 前記可変ミラーは、複数の分割された電極を有する、圧電材料を用いて構成されていることを特徴とする請求項1、2、上記(1)～(6)のいずれかに記載の光ピックアップ。

【0103】(8) 前記可変ミラーは、光学面近傍に配置された永久磁石またはコイルと、光学面と一体化された電流を流すことが可能な部材とを有し、電磁力により面形状を変化させることを特徴とする請求項1、2、上記(1)～(6)のいずれかに記載の光ピックアップ。

【0104】(9) 前記可変ミラーは、同一構成でもって複数の光学装置に共通に用いることが可能な形状可変光学素子を備えたことを特徴とする上記(7)又は(8)に記載の光ピックアップ。

【0105】(10) 前記可変ミラーは、電気により制御されることを特徴とする請求項1、2、上記(1)～(9)のいずれかに記載の光ピックアップ。

【0106】(11) 前記可変ミラーは、静電気により駆動されることを特徴とする請求項1、2、上記(1)～(9)のいずれかに記載の光ピックアップ。

【0107】(12) 前記可変ミラーは、電磁気力により駆動されることを特徴とする請求項1、2、上記(1)～(9)のいずれかに記載の光ピックアップ。

【0108】(13) 前記可変ミラーは、圧電効果、あるいは電歪により駆動されることを特徴とする請求項1、2、上記(1)～(9)のいずれかに記載の光ピックアップ。

【0109】

【発明の効果】本発明によれば、消費電力が小さく、音が静かで、応答時間が短く、機械的構造が簡単で、かつ、コストダウンに寄与する光ピックアップを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光ピックアップの一実施例を示す概略構成図である。

【図2】(a)、(b)は光ピックアップにおける異なる基板厚の記録媒体に対する対物レンズの球面収差を示すグラ

フであり、(a)は0.6mm基板厚の記録媒体に対する球面収差、(b)は1.2mm基板厚の記録媒体に対する球面収差を示している。

【図3】(a)～(d)は本実施例の光ピックアップにおける可変ミラーのミラー面の変形状態を示す説明図である。

【図4】(a)～(c)は本実施例の光ピックアップにおける可変ミラーのミラー面を変形させたときの記録媒体への集光される光の状態を示す説明図である。

【図5】本実施例の光ピックアップにおける可変ミラーのミラー面の形状の変化量に対する検出器の差信号を示すグラフである。

【図6】本実施例の光ピックアップの一変形例を示す概略構成図である。

【図7】(a)～(c)は図6の変形例の光ピックアップにおける可変ミラーのミラー面を変形させたときの記録媒体への集光される光の状態を示す説明図である。

【図8】本実施例の光ピックアップの他の変形例を示す概略構成図である。

【図9】(a)～(c)は図8の変形例の光ピックアップにおける可変ミラーのミラー面を変形させたときの記録媒体への集光される光の状態を示す説明図である。

【図10】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡を用いたデジタルカメラのケーラー式ファインダーの概略構成図である。

【図11】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡409の他の実施例を示す概略構成図である。

【図12】図11の実施例の可変形状鏡に用いる電極の一形態を示す説明図である。

【図13】図11の実施例の可変形状鏡に用いる電極の他の形態を示す説明図である。

【図14】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図15】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図16】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図17】図16の実施例における薄膜コイル427の巻密度の状態を示す説明図である。

【図18】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図19】図18の実施例におけるコイル427の一配置例を示す説明図である。

【図20】図18の実施例におけるコイル427の他の配置例を示す説明図である。

【図21】図16に示した実施例において、コイル42

7の配置を図20に示したようにした場合に適する永久磁石426の配置を示す説明図である。

【図22】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡409を用いた撮像系、例えば携帯電話のデジタルカメラ、カプセル内視鏡、電子内視鏡、パソコン用デジタルカメラ、PDA用デジタルカメラ等に用いられる撮像系の概略構成図である。

【図23】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能なさらに他の実施例に係る、マイクロポンプ180で流体161を出し入れし、レンズ面を変形させる可変形状鏡188の概略構成図である。

【図24】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡に用いるマイクロポンプの一実施例を示す概略構成図である。

【図25】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変焦点ミラーの一例の構成を示す図である。

【図26】可変焦点レンズの原理的構成を示す図である。

【図27】一軸性のネマティック液晶分子の屈折率楕円体を示す図である。

【図28】図26に示す高分子分散液晶層に電界を印加状態を示す図である。

【図29】図26に示す高分子分散液晶層への印加電圧を変化させる場合の一例の構成を示す図である。

【図30】図29に示す可変焦点レンズ511を用いたデジタルカメラ用の撮像光学系の一実施例を示す図である。

【図31】可変焦点レンズの原理を用いた可変焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。

【図32】ツイストネマティック液晶を用いる可変焦点レンズを有する可変焦点眼鏡の構成を示す図である。

【図33】図32に示すツイストネマティック液晶層への印加電圧を高くしたときの液晶分子の配向状態を示す図である。

【図34】可変焦点レンズの原理を応用した可変偏角プリズムの二つの例の構成を示す図である。

【図35】図34に示す可変偏角プリズムの使用態様を説明するための図である。

【図36】本発明の光ピックアップに用いる可変ミラーに適用可能な可変形状鏡のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

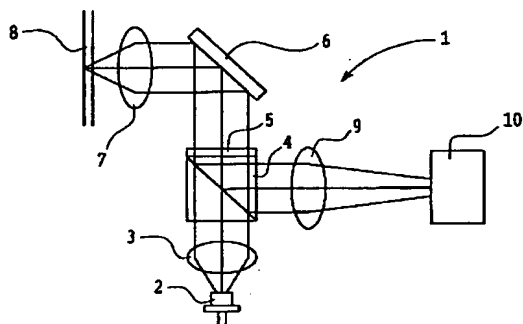
【図37】光ピックアップの従来例を示す概略構成図である。

【符号の説明】

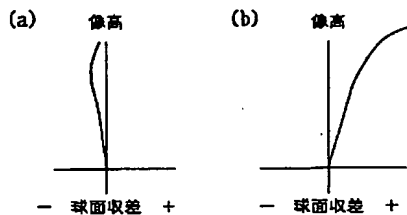
1, 1'	光ピックアップ
2	光源
3	コリメータレンズ
4	偏光ビームスプリッタ
5	波長板

6	可変ミラー	413	電源スイッチ	
6', 406	ミラー	414	演算装置	
7, 902	対物レンズ	415	温度センサー	
8	記録媒体	416	湿度センサー	
9	コリメートレンズ	417	距離センサー	
10	光検出器	423	支持台	
45, 188	可変形状鏡	424	振れセンサー	
102, 512a, 512b, 522, 538	レンズ	425, 428	駆動回路	
103	制御系	427	コイル	
104	撮像ユニット	449	釦	
160, 180	マイクロポンプ	451	変形可能な基板	
161	流体	453	電歪材料	
163, 532, 533, 562, 563, 566, 5		509a, 533a, 563a, 567a	第3の面	第
67	透明基板	509b, 533b, 563b, 567b	第4の面	第
164	弾性体	511	可変焦点レンズ	
168	液溜	513a, 513b, 610	透明電極	
181	振動板	514	高分子分散液晶層	
182, 183, 409b, 409d, 452	電極	515	スイッチ	
184, 185	弁	516	交流電源	
189, 450	反射膜	517	液晶分子	
426	永久磁石	518	高分子セル	
404	プリズム	519	可変抵抗器	
409c-2	電歪材料	521	絞り	
403	撮像レンズ	531	可変焦点回折光学素子	
405	二等辺直角プリズム	532a, 562a, 566a	第1の面	
408, 523	固体撮像素子	532b, 562b, 566b	第2の面	
409	光学特性可変形状鏡（可変ミラー部材）	539a, 539b	配向膜	
409a	薄膜（反射面）	550	可変焦点眼鏡	
409c, 409c'	圧電素子	561	可変偏角プリズム	
409c-1, 409e, 706	基板	565	可変焦点ミラー	
411	可変抵抗器	568	反射膜	
412	電源	901	接眼レンズ	

【図1】



【図2】



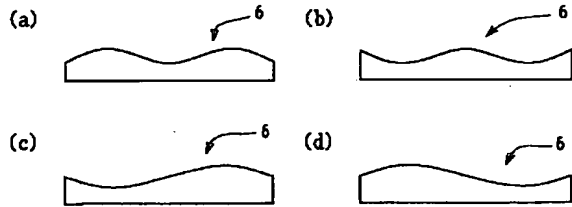
【図12】



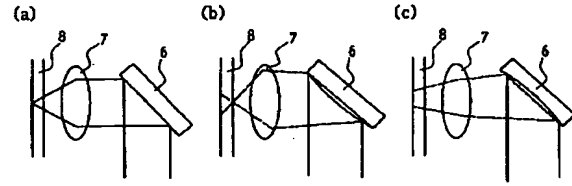
【図13】



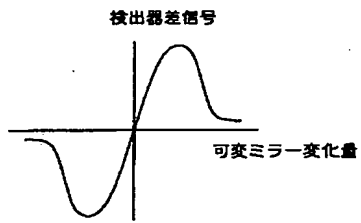
【図 3】



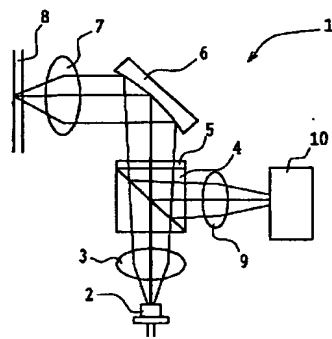
【図 4】



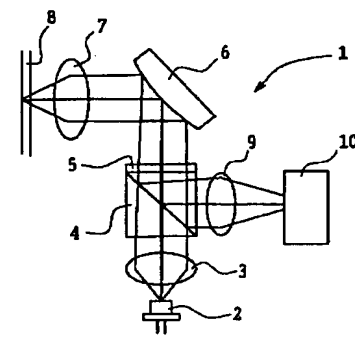
【図 5】



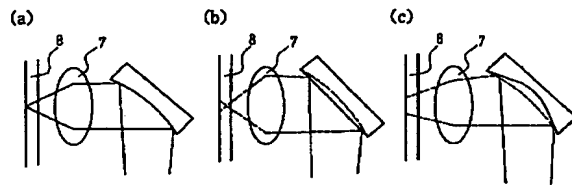
【図 6】



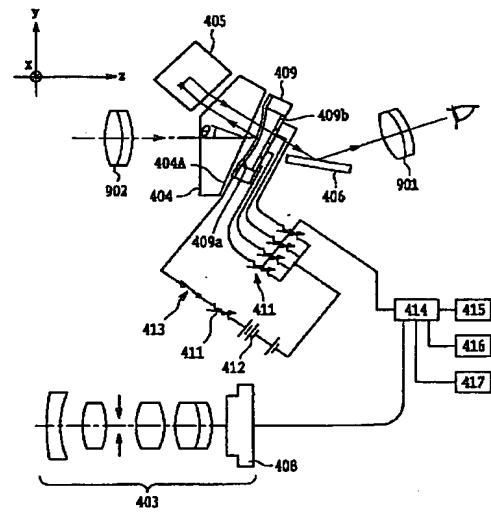
【図 8】



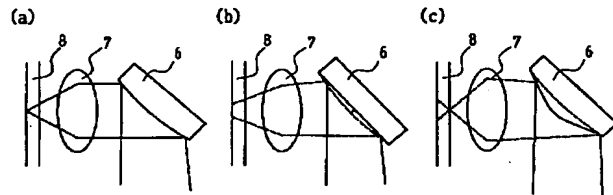
【図 7】



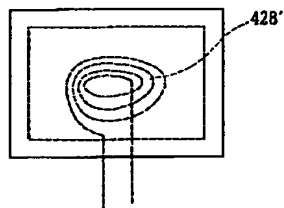
【図 10】



【図 9】

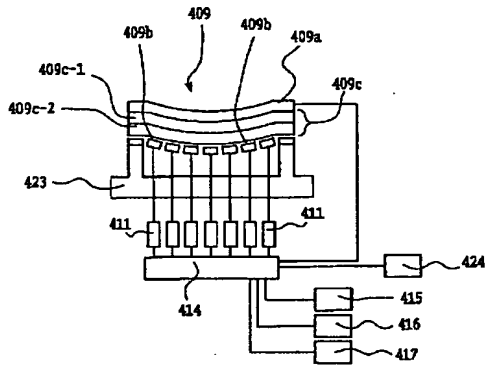


【図 17】

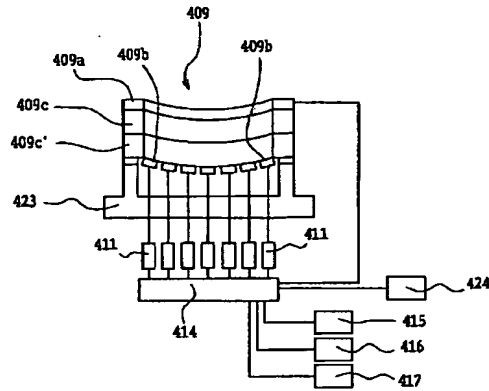




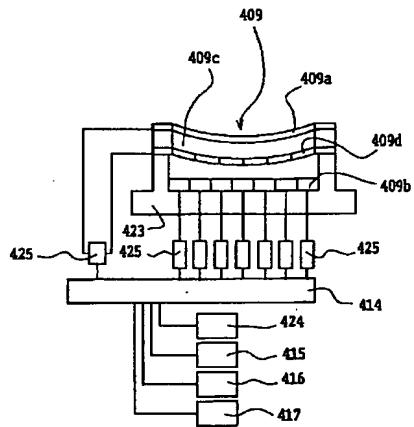
【図 11】



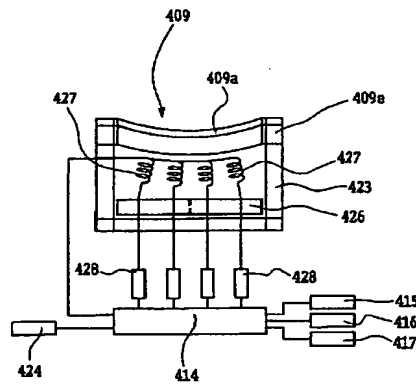
【図 14】



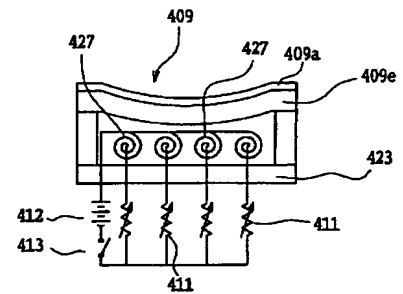
【図 15】



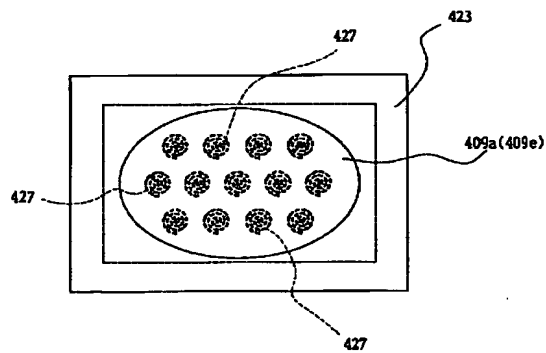
【図 16】



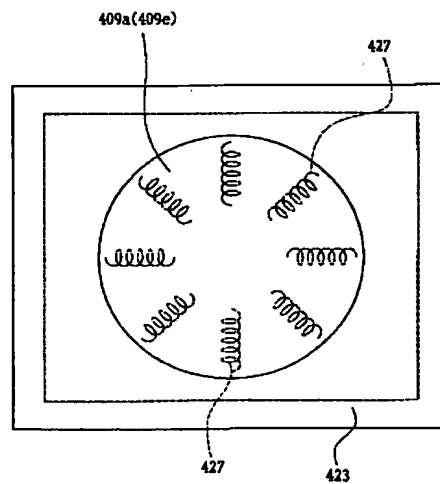
【図 18】



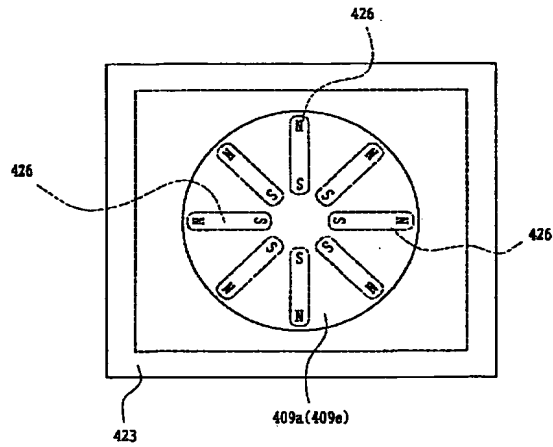
【図 19】



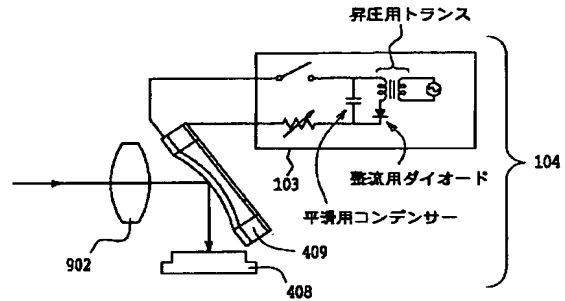
【図 20】



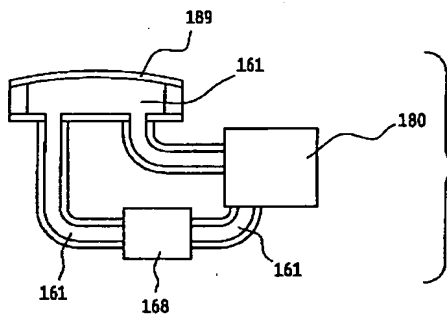
【図21】



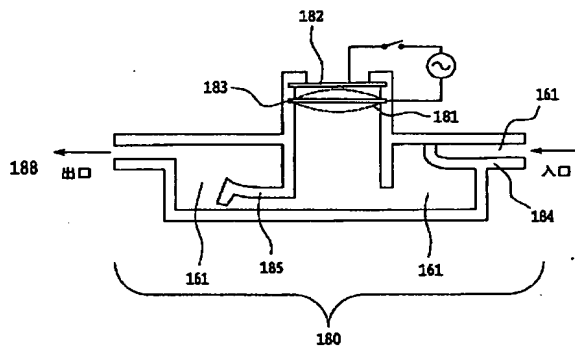
【図22】



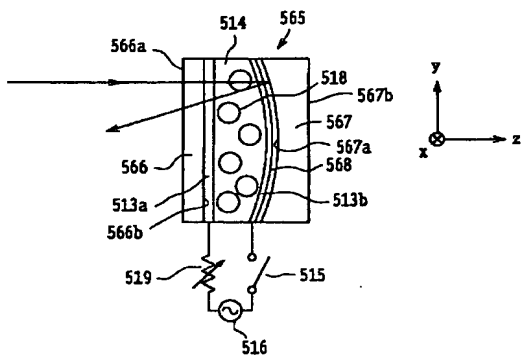
【図23】



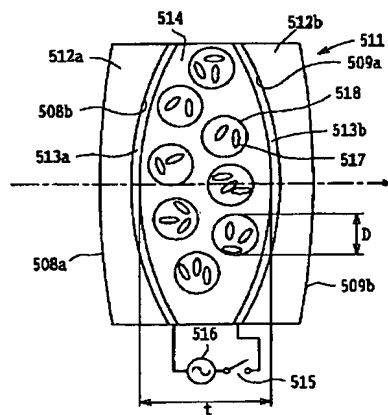
【図24】



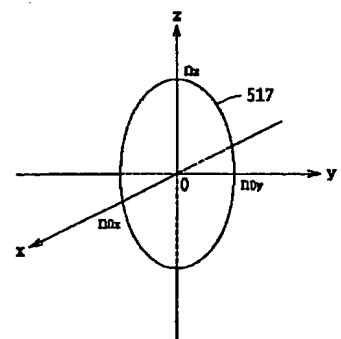
【図25】



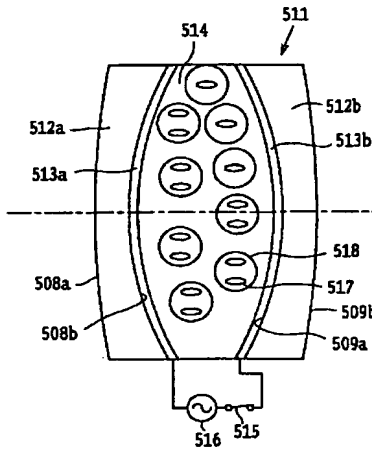
【図26】



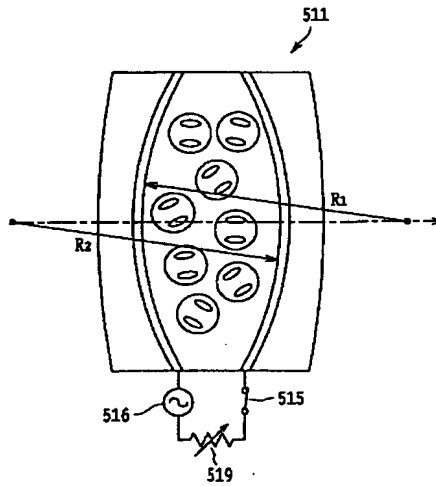
【図27】



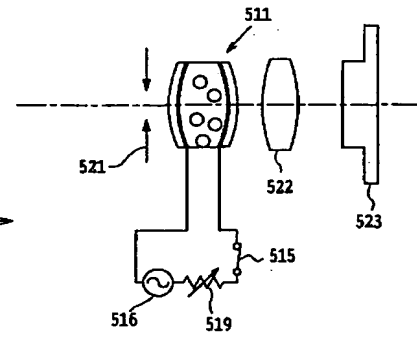
【図 28】



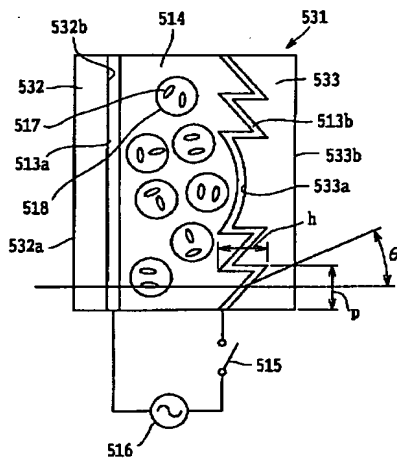
【図 29】



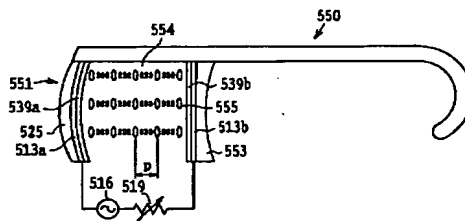
【図 30】



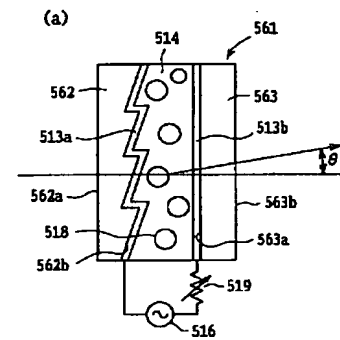
【図 31】



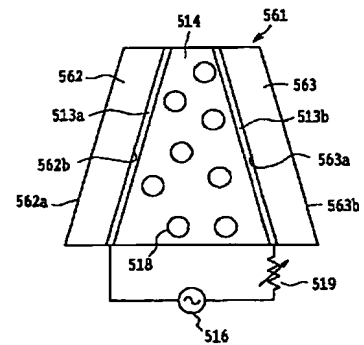
【図 32】



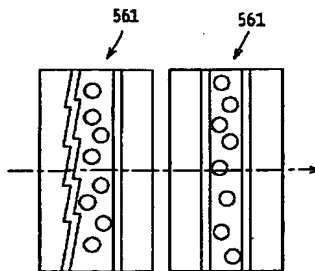
【図 34】



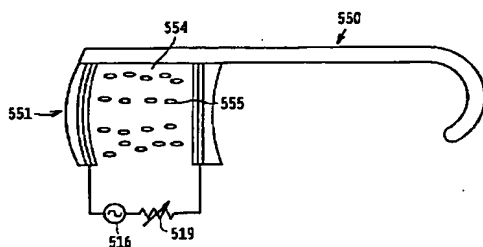
(b)



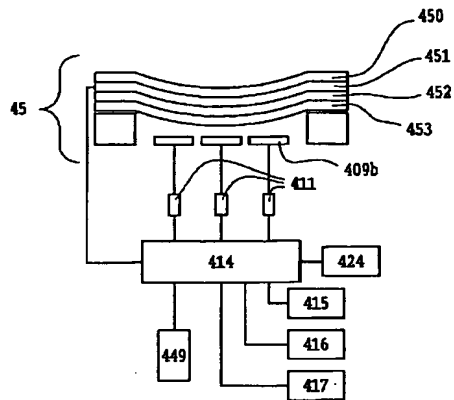
【図 35】



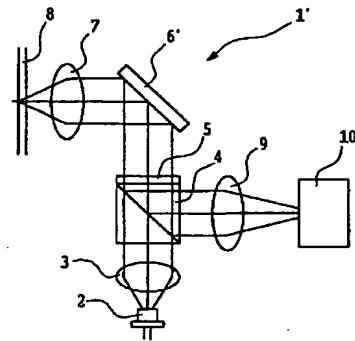
【図 33】



【図36】



【図37】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D118 AA08 AA23 AA26 BA01 CD02  
 DC02 DC07 EA01 EA07 EA11  
 5D119 AA11 AA21 AA37 AA41 BA01  
 EA03 EC01 EC04 JA09 JA57  
 5D789 AA11 AA21 AA37 AA41 BA01  
 EA03 EC01 EC04 JA09 JA57